



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 59 801 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:
F 02 B 37/04

②1 Aktenzeichen: 101 59 801.7
②2 Anmeldetag: 5. 12. 2001
④3 Offenlegungstag: 10. 4. 2003

DE 101 59 801 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

⑦2 Erfinder:
Sonner, Markus, 85055 Ingolstadt, DE

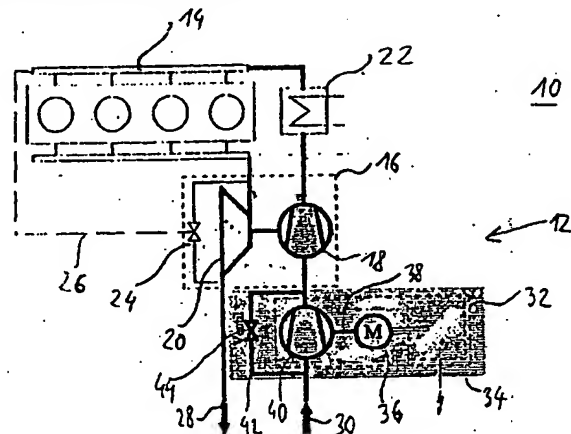
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 199 05 112 A1
DE 100 23 022 A1
US 49 03 488
JP 2001193468 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verbrennungsmotor und Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, und mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle, wobei seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) eine weitere Verdichterstufe (32) angeordnet ist, die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird. Sie betrifft überdies ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors angetrieben wird, mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle und einer seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) angeordneten weiteren Verdichterstufe (32), die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, wobei bei niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors (10) der Ladedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe (32) erhöht wird.



DE 101 59 801 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Aufladegerät, das vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors angetrieben wird, und mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Verbrennungsmotors.

[0002] Bei hoch aufgeladenen Ottomotoren ergibt sich bei einer Auslegung mit hoher Verdichtung zur Erzielung guter Wirkungsgrade bei Teillastbetrieb eine starke Klopfbegrenzung, woraus eine späte Umsetzung des Kraftstoff/Luft-Gemisches und eine hohe Standardabweichung der Verbrennungszyklen folgt.

[0003] Zur Vermeidung dieser Nachteile wird beim sogenannten Miller-Verfahren durch veränderliche Schließzeitpunkte der Einlaßventile der Verdichtungsdruck je nach Betriebszustand variiert. Das Miller-Verfahren ist beschrieben beispielsweise in R. Pischinger, G. Krasnig, G. Taucar, Th. Sams "Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine", Springer-Verlag, 1989, Seite 296 ff. Mit steigender Last, also mit steigender Aufladung, wird das Einlaßventil immer früher, zum Teil noch vor dem unteren Totpunkt geschlossen, so daß der Zylinder nur unvollständig mit Frischluft gefüllt wird. Noch während des verbleibenden Ansaughubes expandiert die Ladung im Zylinder und kühlt sich dabei ab. Die Verdichtung beginnt auf Kosten einer geringeren Ladungsmasse von einem niedrigeren Druck- und Temperaturniveau aus, die mechanische und thermische Belastung nehmen ab.

[0004] Der Nachteil der verringerten Ladung kann durch höheren Ladedruck kompensiert werden. Betrachtet man den Zustand nach dem Ladeluftkühler unter der Voraussetzung gleicher Ladelufttemperatur bei Abgasturboaufladung und beim Miller-Verfahren, so gilt mit Bezug auf Fig. 1 folgendes: In einem vollkommenen Viertakt-Vergleichsprozess beginnt bei normaler Abgasturboaufladung, siehe Fig. 1 linke Darstellung, die Kompression (1) auf dem Niveau des Ladedrucks (1'). Beim Miller-Verfahren, siehe Fig. 1 rechte Darstellung, sinkt durch das vorzeitige Schließen des Einlaßventils der Zylinderdruck bei Verdichtungsbeginn (1) unter das Niveau des Ladedrucks (1'). Unter der Voraussetzung gleichen Zylinderdrucks bei Verdichtungsbeginn befindet sich nun beim Miller-Verfahren mehr Ladung mit geringerer Temperatur im Zylinder als bei der Abgasturboaufladung. Die dadurch in der Hochdruckphase bei gleichem Luftverhältnis gewonnene Mehrarbeit wird aber zu einem beachtlichen Teil durch die höhere Ladungswechselarbeit wieder aufgebraucht. Deshalb bringt das Miller-Verfahren bei Dieselmotoren nur geringe Vorteile. Es wird daher hauptsächlich bei Ottomotoren angewendet, weil hier die niedrigere Kompressionsendtemperatur echte Vorteile bezüglich des Klopfens bringt und deshalb deutlich höhere Leistungen gefahren werden können.

[0005] Nach dem Miller-Verfahren arbeitende Motoren, die mit extrem frühem oder spätem Einlaß schließen, bedingen damit eine verminderte Ausnutzung des Hubvolumens, was ein geringeres Drehmoment zur Folge hat. Solange ausreichend Abgasmasse vorhanden ist, kann dieser Nachteil durch stärkeres Schließen des Waste-Gates des Abgasturboladers ausgeglichen werden. Dadurch erhöht sich der Ladedruck. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß bei niedrigen Drehzahlen das Waste-Gate bereits maximal geschlossen ist. Bei nach dem Miller-Verfahren arbeitenden Verbrennungsmotoren führt dies in diesem Betriebsbereich zu einer Verringerung des maximal erreichbaren Drehmoments.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht

deshalb darin, einen Verbrennungsmotor der eingangs genannten Art bzw. das eingangs genannte Verfahren derart weiterzubilden, daß bei niedrigen Drehzahlen ein höheres Drehmoment erreicht werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit den Merkmalen von Patentanspruch 5.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß bei niedrigen Drehzahlen ein höheres Drehmoment erreicht werden kann, wenn die Aufladung des Aufladegeräts durch eine seriell oder parallel zum Abgasturbolader angeordnete weitere Verdichterstufe unterstützt wird, deren Antrieb nicht vom Abgasstrom abhängt. Diese weitere Verdichterstufe kann beispielsweise mechanisch oder elektrisch angetrieben werden. Hierdurch läßt sich bereits bei niedrigen Drehzahlen der Ladedruck des Aufladegeräts, im obigen Beispiel des Abgasturboladers, erhöhen.

[0009] Die zusätzlich durchgesetzte Luftmasse bringt eine Drehmomenterhöhung, und zugleich bedingt der höhere Massenstrom an der Turbine des Aufladegeräts eine höhere Antriebsleistung am Verdichter des Aufladegeräts, wodurch der Leistungsaufwand für die Steigerung des Ladedrucks gering bleibt.

[0010] Unter die Erfindung fällt insbesondere auch die elektrische Unterstützung eines Aufladegeräts, das bei einem Verbrennungsmotor gemäß der Erfindung verwendet wird.

[0011] Bei serieller Anordnung von Aufladegerät und weiterer Verdichterstufe lassen sich die Vorteile der Erfindung sowohl bei Anordnung der weiteren Verdichterstufe vor oder nach dem Aufladegerät realisieren. Wird die zusätzliche Verdichterstufe vor dem Aufladegerät angeordnet, so führt dies dazu, daß dem Aufladegerät Luft mit einem höheren Ladedruck zugeführt wird. Umgekehrt wird bei einer Anordnung der weiteren Verdichterstufe nach dem Aufladegerät bei niedrigen Drehzahlen die Zuführung von Luft an den Verbrennungsmotor im wesentlichen von der weiteren Verdichterstufe übernommen. Bevorzugt wird bei höheren Drehzahlen die weitere Verdichterstufe umgangen, da dann das Aufladegerät infolge des hohen Abgasstroms selbst ausreichend Ladedruck zur Verfügung stellen kann.

[0012] Das Aufladegerät kann einen Abgasturbolader, einen Schraubenverdichter, einen Rootsverdichter oder einen Spirallader oder Kombinationen aus diesen Aufladegeräten zur Erhöhung der Luftzufuhr an einen Verbrennungsmotor umfassen.

[0013] Die weitere Verdichterstufe ist bevorzugt mechanisch oder elektrisch angetrieben und umfaßt insbesondere einen elektrischen Booster.

[0014] Bei der Lösung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bei niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors der Ladedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe erhöht.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aufladegerät ein Waste-Gate auf und die weitere Verdichterstufe wird erst dann aktiviert, wenn das Waste-Gate bereits geschlossen ist und weiterhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors besteht.

[0016] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel wird im folgenden unter Hinweis auf die beigelegten Zeichnungen näher beschrieben. Es stellen dar:

[0018] Fig. 1 in schematischer Darstellung pv-Diagramme bei idealer Gleichraum-Gleichdruck-Verbrennung mit herkömmlichem Abgasturbolader (linke Darstellung)

und nach dem Miller-Verfahren (rechte Darstellung), und
 [0019] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsge-
 mäßigen Verbrennungsmotors.

[0020] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung einen
 Verbrennungsmotor 10 einschließlich einer Aufladeeinheit 12. Dem eigentlichen Motor 14 wird über einen Abgastur-
 bolader 16, der einen Verdichter 18 und eine Turbine 20, 5
 umfaßt über einen Ladeluftkühler 22 Luft zugeführt. Der Motor 14 arbeitet nach dem Miller-Verfahren und umfaßt
 eine nach dem Miller-Verfahren verstellbare Nockenwelle 10
 (nicht dargestellt). Der Abgasturbolader 16 umfaßt weiter-
 hin ein Waste-Gate 24 mit einer Steuerleitung 26, wodurch
 insbesondere bei hohen Drehzahlen des Motors 14 Luft an 15
 der Turbine 20 vorbeigeführt werden kann. Der Pfeil 28
 kennzeichnet die den Verbrennungsmotor verlassende Luft.
 Der Pfeil 30 die in den erfindungsgemäßen Verbrennungs-
 motor 10 einströmende Luft. Die einströmende Luft durch-
 läuft zunächst einen elektrischen Booster 32, der einen von
 einer Elektronik 34 gesteuerten Elektromotor 36 mit einer
 Achse 38 umfaßt, auf der ein Verdichter 40 angeordnet ist. 20
 Der elektrische Booster 32 ist seriell zum Abgasturbolader
 16 angeordnet. Parallel zum elektrischen Booster 32 ist eine
 Bypassleitung 42 mit einem Ventil 44 angeordnet. Das Ven-
 til 44 kann ebenfalls von der Elektronik 34 angesteuert wer-
 den. 25

[0021] Funktionsweise: Bei niedrigen Drehzahlen fließt
 nur ein geringes Volumen an Abgasstrom durch die Turbine
 20, weshalb der der Turbine 20 zugeordnete Verdichter 18
 nur einen geringen Ladedruck aufbaut. Erfindungsgemäß
 wird insbesondere in diesem Betriebszustand der Elektro- 30
 motor 36 aktiviert, was zum Aktivieren des Verdichters 40
 führt. Sobald der Verdichter 40 in Betrieb gesetzt ist, stellt er
 Luft mit einem erhöhten Ladedruck an den Verdichter 18 be-
 reit. Sobald eine Steuerelektronik feststellt, daß der Abgas-
 strom ausreichend ist, beispielsweise durch Auswertung der 35
 Drehzahl des Motors 14, ohne mithilfe des elektrischen
 Booster 32 genügend Ladedruck zur Verfügung zu stellen,
 wird das Ventil 44 geöffnet, so daß der elektrische Booster
 32 umgangen wird.

[0022] Der Elektromotor 36 kann vom Generator des 40
 Fahrzeugs allein oder von einer Kombination des Genera-
 tors und der Fahrzeugbatterie gespeist werden. Das Waste-
 Gate 24 wird geöffnet, wenn beispielsweise anhand der
 Drehzahl des Motors 14 festgestellt wird, daß der Motor
 auch ohne Aufladung oder mit reduzierter Aufladung genü- 45
 gend Leistung zur Verfügung stellen kann.

[0023] Bevorzugt wird in dem Fahrzeug eine Differenz
 zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Ver-
 brennungsmotors ermittelt, das Soll-Drehmoment beispiels-
 weise aus der Stellung des Gaspedals. Der elektrische Boo- 50
 ster 32 wird bevorzugt dann aktiviert, wenn das Waste-Gate
 24 des Abgasturboladers 16 bereits geschlossen ist und wei-
 terhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-
 Drehmoment des Verbrennungsmotors besteht. 55

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor mit mindestens einem Auflade-
 gerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbren-
 nungsmotors (10) angetrieben wird, und mit einer nach 60
 dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle, da-
 durch gekennzeichnet, daß seriell oder parallel zum
 Aufladegerät (16) eine weitere Verdichterstufe (32) an-
 geordnet ist, die nicht vom Abgasstrom des Verbren-
 nungsmotors (10) angetrieben wird. 65
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch ge-
 kennzeichnet, daß die weitere Verdichterstufe (32) vor
 oder nach dem Aufladegerät (16) angeordnet ist.

3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, da-
 durch gekennzeichnet, daß das Aufladegerät (16) einen
 Abgasturbolader, einen Schraubenverdichter, einen
 Rootsverdichter oder einen Spirallader oder Kombina-
 tionen aus diesen Aufladegeräten zur Erhöhung der
 Luftzufuhr an den Verbrennungsmotor (10) umfaßt.

4. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehen-
 den Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wei-
 tere Verdichterstufe (32) ein mechanisch oder elek-
 trisch angetriebenes Aufladegerät, insbesondere einen
 elektrischen Booster, umfaßt.

5. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmo-
 tors mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom
 Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors angetrieben
 wird, mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellba-
 ren Nockenwelle und einer seriell oder parallel zum
 Aufladegerät (16) angeordneten weiteren Verdichter-
 stufe (32), die nicht vom Abgasstrom des Verbren-
 nungsmotors (10) angetrieben wird, wobei bei niedri-
 gen Drehzahlen des Verbrennungsmotors (10) der La-
 dedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe
 (32) erhöht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeich-
 net, daß das Aufladegerät ein Waste-Gate (24) aufweist
 und die weitere Verdichterstufe (32) erst dann aktiviert
 wird, wenn das Waste-Gate (24) bereits geschlossen ist
 und weiterhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmo-
 ment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors
 besteht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

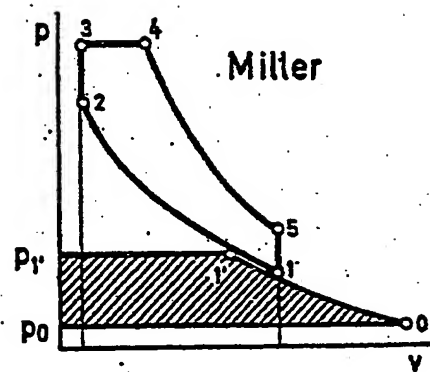
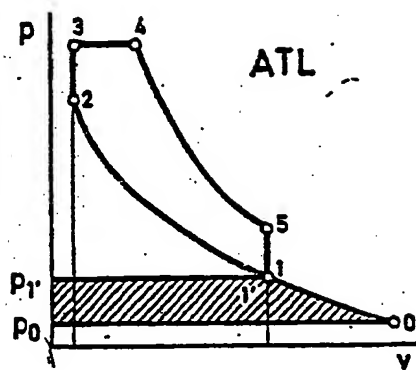


Fig. 1
(Sd T)

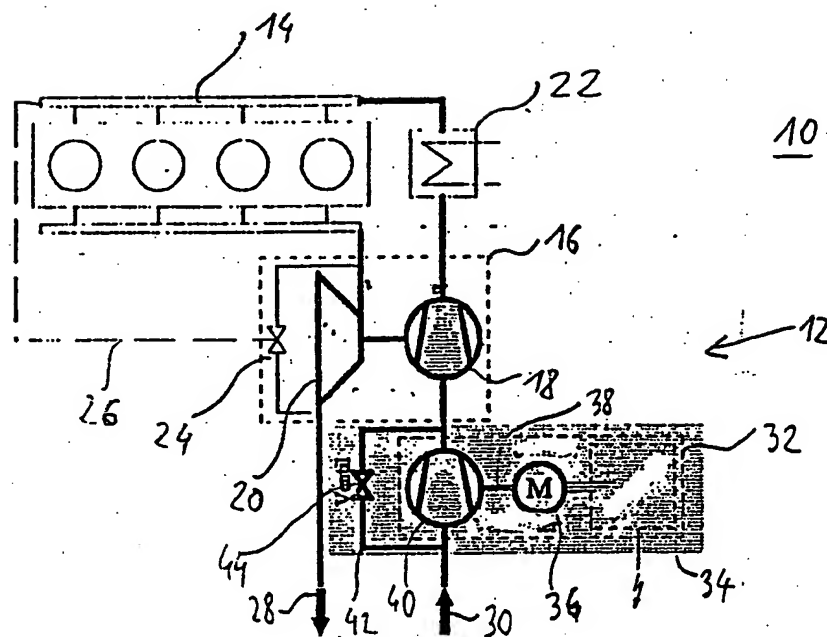


Fig. 2

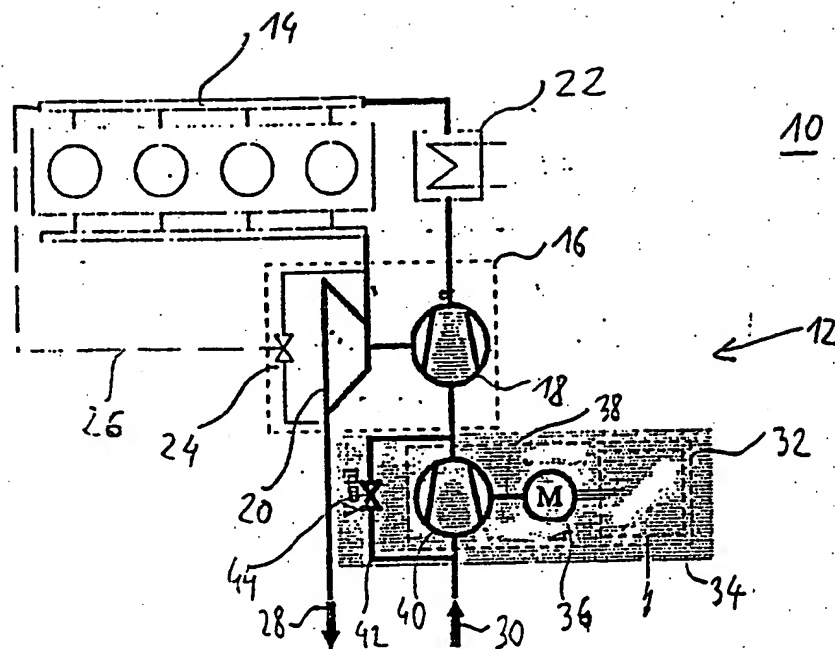


Fig. 2